

УДК 628.1.16

В.О.ОРЛОВ, д-р техн. наук, А.М.ОРЛОВА, В.О.ЗОЩУК, кандидати техн. наук
Національний університет водного господарства та природокористування, м.Рівне

КОНТАКТНЕ ФІЛЬТРУВАННЯ ПРИ ПРОЯСНЕННІ ВОДИ

Наводяться результати досліджень контактних пінополістирольних фільтрів при очищенні вод рівнинної України.

Приводятся результаты исследований контактных пенополистирольных фильтров при очистке вод равнинной Украины.

In this article the results of the contact polystyrene fylltrov in cleaning water plains of Ukraine.

Ключові слова: контактні фільтри, коагуляція, колоїдні частки, швидкість фільтрування, промивка фільтрів.

До 70% населення України споживає воду з поверхневих джерел, в тому числі із Дніпра та його притоків. Всі ці річки відносяться до рівнинних річок і характеризуються незначною каламутністю (до 30 мг/дм³) та підвищеною забарвленістю (до 110 град) [1, 2]. Згідно з діючими нормативами [3], технологічну схему прояснення води та її розрахункові параметри вибирають залежно від хімічного складу води, ступеня прояснення та знебарвлення, продуктивності станції, на основі технологічних випробувань, які виконуються безпосередньо біля джерела водопостачання. Враховуючи підвищені вимоги діючого ДержСанПіНа до проясненої питної води поверхневих джерел, антропогенне навантаження на джерела водопостачання, досвід роботи діючих споруд найбільш доцільне використання реагентних схем прояснення води з використанням контактної коагуляції.

Найбільш розповсюдженими спорудами для контактного фільтрування є контактні прояснювачі та контактні фільтри. Кожна з цих споруд має свої недоліки та свої переваги. В контактних прояснювачах вода разом з реагентом практично зразу входить в контакт із засипкою, що є позитивним, але при фільтруванні знизу вгору є максимальна швидкість, при якій порушується статична стійкість шару і, слідом, якість фільтрату. В контактних фільтрах навпаки – контакт води із засипкою проходить не зразу (є певний буферний об'єм висотою 2м), але швидкість фільтрування може бути значно більшою.

Контактні пінополістирольні фільтри мають значно меншу висоту у буферного простору, оскільки вода з реагентами потрапляє в підфільтровий простір, висота якого повинна забезпечувати тільки розширення засипки при промивці.

Колоїдні частки знаходяться постійно в стані хаотичного, броу-

нівського руху. Цей рух сприяє кінетичній стійкості часток, вони не осаджуються. Проте, в результаті руху або хімічної обробки, вони можуть злипатись (коагулювати), а потім залишати агрегативну стійкість, покрупнюватись, ставати більш важкими, осідати, або налипати до якихось адгезійних часток. Швидкість коагуляції може бути відображена формулою М.С.Смолуховського [1, 5, 6]

$$n_{\tau} = \frac{n_0}{1 + 4 \cdot \pi \cdot D \cdot r \cdot \tau \cdot n_0}, \quad (1)$$

де n_{τ} та n_0 – кількість часток дисперсної фази на початку процесу коагуляції та наприкінці через час t ; D – коефіцієнт молекулярної дифузії; r – радіус сфери тяжіння часток, який дорівнює відстані між центрами часток, при якому виявляється їх агрегація.

Тобто, для видалення колоїдних часток необхідно їх підштовхнути до коагуляції, змінивши їх концентрацію, властивість, відстань між центрами коагулюючих часток, тому, відповідно, більш сприятливим буде менший діаметр зерен засипки. Проте, при меншому діаметрі зерен буде спостерігатись більший приріст втрат напору.

При проходженні контактної коагуляції в шарі зернистої засипки важливе значення має крупність зависі. Дуже мала завись при фільтруванні зверху до низу через пісок може проходити і погіршувати якість фільтрату [8]. Велика завись, що утримується в верхніх шарах засипки, колюматує її і не дозволяє іншим часткам проходити в засипку [4,5], чим скорочується фільтроцикл. За даними В.А.Михайлова і Т.К.Сиденко [8], з підвищенням крупності зависі у воді від 0,0027 до 0,075 мм тривалість захисної дії піщаної засипки крупністю 1,0...1,5 мм значно скорочується. Тобто, існує оптимальний діаметр зависі для певної крупності засипки. Природна вода може мати частки різноманітної крупності. Коагуляція в об'ємі після вводу коагулянту веде взагалі до покрупнення часток. Довгий контакт води у вільному просторі при контактній коагуляції в зернистій засипці призводить також до покрупнення зависі. При тривалості контакту 20-30 хв значно скорочується захисна дія засипки. Тому коагулянт та активуючі домішки необхідно вводити безпосередньо перед засипкою [3, 4].

Практична перевірка цих положень була проведена на фільтрувальних колонках з фільтруванням попередньокоагульованої штучнозакаламученої води та на виробничих контактних пінополістирольних фільтрах. В колонки засипався пінополістирол крупністю 0,5-0,75 мм товщиною 1,2 м. Висота буферного шару приймалась від 0,1 до 0,7 м з інтервалом 0,1 м. Швидкість фільтрування приймалась 6-10 м/год. Температура води була 9°C. В табл.1 наведено дані дослідів для швид-

кості фільтрування 6 м/год (чисельник) і 10 м/год (знаменник).

Таблиця 1 – Дослідження буферного простору

Показники	Висота буферного простору, м						
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
Оптична щільність води, що вводилась в колонку	0,75	0,78	0,78	0,76	0,77	0,76	0,76
Оптична щільність води, що підходить до засипки	<u>0,75</u> 0,75	<u>0,78</u> 0,78	<u>0,78</u> 0,78	<u>0,76</u> 0,76	<u>0,79</u> 0,77	<u>0,78</u> 0,76	<u>0,79</u> 0,76
Оптична щільність фільтрату	<u>0,02</u> 0,02	<u>0,02</u> 0,02	<u>0,02</u> 0,02	<u>0,02</u> 0,02	<u>0,025</u> 0,02	<u>0,03</u> 0,02	<u>0,03</u> 0,015
Приріст втрат напору, м/г	<u>0,155</u> 0,205	<u>0,168</u> 0,211	<u>0,165</u> 0,207	<u>0,150</u> 0,193	<u>0,162</u> 0,201	<u>0,161</u> 0,207	<u>0,169</u> 0,191

Дані свідчать, що при висоті підфільтрового простору більше 0,5 м і швидкості фільтрування 6 м/год спостерігається погіршення якості води, що підходить до засипки, збільшуються темпи приросту втрат напору, одночасно погіршується якість фільтрату. При підвищенні швидкості фільтрування ці явища зникають. Безумовно, наведені дані можуть змінюватись залежно від фізико-хімічних показників води. Швидкість фільтрування слід підтримувати в межах 10 м/год.

Але значне збільшення швидкості фільтрування погіршує якість фільтрату і потребує більшої висоти шару засипки [7]. Таким чином, необхідно використовувати засипку найменших товщини і відносного розширення засипки при промивці. В той же час, пінополістирольна засипка повинна бути достатньо брудомісткою, а це забезпечується підбором крупності гранул, товщини засипки.

Чисельні досліди показали, що при обранні певних конкретних практичних меж, в яких працює на практиці фільтр, в оптимальному режимі параметри фільтрування і засипки повинні відповідати рівнянню

$$\frac{L}{V^{\epsilon_1} \cdot d^{\epsilon_2} \cdot M^{\epsilon_3}} = \text{const}, \quad (2)$$

де V – швидкість фільтрування, м/год; d – діаметр зерен або гранул, мм; M – каламутність, мг/дм³; L – товщина шару, м; $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3$ – показники ступеня, які визначаються експериментальним шляхом.

На Дзержинській фільтрувальній станції було проведено досліді з виявлення ефекту очистки на контактних кварцевих та пінополістирольних фільтрах (табл.2).

Дослідження показали, що якість води після контактних пінополістирольних фільтрів значно краща, швидкість фільтрування встанов-

лювалась до 11 м/год в зимово-весняний період. Всі фільтроцикли закінчувались за $t_{\text{н}}$, тривалість фільтроциклу дорівнювала 7,5 год, при цьому граничне значення втрат напору складало 1,8 м. Доза коагулянту підтримувалась 5-10 мг/дм³, доза хлору – 3,0-3,8 мг/дм³. За бактеріологічними показниками вода після пінополістирольного фільтра мала кількість бактерій до 0-30 шт. в 1см³ води, колі-індекс не перевищував трьох.

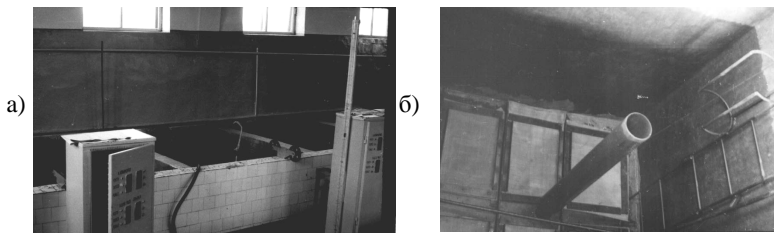
Таблиця 2 – Зміна фізико-хімічних показників води в процесі очищення води на Держинській фільтрувальній станції

Місце відбору проб	Температура, °С	Кольоровість, град.	Каламутність, мг/дм ³	Окислення, мг/дм ³
Вихідна вода	3,2	44	150,0	6,6
Пінополістир. фільтр	3,3	16	1,5	5,0
Кварцевий фільтр	3,4	19	2,0	5,1
Вихідна вода	9,0	31	55,0	7,3
Пінополістир. фільтр	9,4	9	1,5	5,5
Кварцевий фільтр	9,8	11	2,0	5,8
Вихідна вода	6,0	30	28,0	9,8
Пінополістир. фільтр	6,1	5	0,5	5,9
Кварцевий фільтр	6,2	10	0,7	5,9

На Сокольському блоці фільтрувальних станцій на очищення подавалася вода з наливних водосховищ із заповненням їх з Північно-Кримського каналу з каламутністю до 3 мг/дм³ і кольоровістю до 75 град. До реконструкції на фільтрувальному блоці працювала двоступенева реагентна схема очистки води з прояснювачами із завислим осадом та швидкими фільтрами. Всі чотири піщані фільтри було реконструйовано на контактні пінополістирольні (рисунок). Тобто, очистка стала проводитись за одноступеневою реагентною схемою, в якій вихідна вода після введення реагентів із вертикального змішувача безпосередньо поступала на фільтри. Взаємопов'язаність надфільтрового простору забезпечувалася отворами в стінках розміром 0,05х0,3 м.

Промивка фільтрів проводилась упродовж 3-4 хв. з середньою інтенсивністю 11,5 л/с·м². При цьому рекомендувалось подачу вихідної води на фільтр, який промивається, скорочувати навіпіл, але обслуговуючий персонал цього практично не робив. Фільтр практично за 4 хв. промивався достатньо повно, другий і четвертий фільтри при цьому продовжували працювати в нормальному режимі. За час промивки рівень в надфільтровому просторі знижувався на 60-65 см. Рівень води в фільтрі, який промивався, був на 5-10 см нижче, ніж в працюючих фільтрах. Помітних течій води до перепускних вікон не спостерігалось. Якщо продовжити промивку, то при доходженні рівня води до про-

пуских вікон, з'являються незначні течії, але вони не стають турбулентними і залишаються весь час досить повільними. Головне, що виносу пінополістиролу не було під час промивки ні в каналізацію, ні в надфільтровий простір. В табл.3 наводяться дані щодо якості фільтрату в надфільтровому просторі фільтрів.



Виробничий контактний пінополістирольний фільтр на Сокольському блоці фільтрувальних станцій:

а – загальний вид фільтрів; б – вид на утримуючу решітку і трубопровід відбору фільтрату.

Таблиця 3 – Каламутність води в надфільтрових просторах фільтрів

Час, год-хв	Каламутність в фільтрах, мг/дм ³			Примітки
	2	3	4	
10-44	-	-	-	закінчилась промивка
10-50	0,3	0,4	0,5	
10-55	0,4	0,5	0,4	
11-00	0,4	0,5	0,45	простір наповнився водою
11-10	0,4	0,5	0,4	
11-15	0,4	0,4	0,4	

Значних змін в каламутності чистої води в надфільтрових просторах не спостерігалось.

Таким чином, при підготовці води питної якості з річок рівнинної України можна використовувати контактні пінополістирольні фільтри.

1.Орлов В.О., Шевчук Б.И. Интенсификация работы водоочистных сооружений. – К.: Будівельник, 1989. – 128 с.

2.Орлов В.О., Зошук А.М., Мартинов С.Ю. Пінополістирольні фільтри в технологічних схемах водопідготовки. – Рівне: РДТУ, 1999. – 144 с.

3.СНИП 2.04.02-84*. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – М.: Стойиздат, 1985. – 135 с.

4.Орлов В.О. Водоочисні фільтри із зернистою засипкою. – Рівне: НУВГП, 2005. – 163 с.

5.Колодный Ю.И. Исследование протекания процесса контактной коагуляции и характера распределения загрязнений в слоях загрузки контактного осветлителя // Водоснабжение: Сб. трудов ГИСИ. – Горький, 1961. – С.36-45.

6.Контактные осветлители для очистки воды / Под ред. Д.М.Минца. – М.: Изд-во

МКХ РСФСР, 1955. – 172 с.

7. Минц Д.М. Теоретические основы технологии очистки воды. – М.: Стройиздат, 1964. – 155 с.

8. Михайлов В.А., Сиденко Т.К. Влияние дисперсности взвешенных веществ на работу контактных осветлителей // Водоснабжение: Сб. научн. трудов АХХ. Т. VIII. – М.-Л., 1961. – С. 81-89.

Отримано 12.03.2011

УДК 628.32

С.Ю.НІКУЛІН, канд. техн. наук

Харківська національна академія міського господарства

Н.Г.ОНИЩЕНКО

Харківський державний технічний університет будівництва та архітектури

ПРОМИСЛОВІ ВИПРОБУВАННЯ КОМБІНОВАНОГО МЕТОДУ ОЧИСТКИ СТИЧНИХ ВОД

Здійснено обґрунтування необхідності подальшого удосконалення обладнання для очистки стічних вод від грубо-, дрібнодиспергованих нафтових забруднень і завислих частинок. Наведено аналіз лабораторних досліджень і промислових технологічних випробувань окремо удосконаленого модульного пристрою, а також в комбінації з модернізованим електричним апаратом. Виконано технологічні випробування комбінованого методу очистки стічних вод мийки цистерн вагонного депо та оцінка отриманих результатів.

Осуществлено обоснование необходимости дальнейшего усовершенствования оборудования для очистки сточных вод от грубо-, мелкодисперсных нефтяных загрязнений и взвешенных частиц. Приведен анализ лабораторных исследований и промышленных технологических испытаний отдельно усовершенствованного модульного устройства, а также в комбинации с модернизированным электрическим аппаратом. Выполнены технологические испытания комбинированного метода очистки сточных вод мойки цистерн вагонного депо и оценка полученных результатов.

The ground of necessity of further improvement of equipment is carried out for sewers waters treatment from rough-, finelydispense oil contaminations and weighed particles. The analysis of laboratory researches and industrial technological tests of the separately improved module device is resulted, so in combination with the modernized electric vehicle. The technological tests of the combined method of sewers waters treatment are executed washings of cisterns of carriage depot and estimation of the got results.

Ключові слова: стічна вода, грубо-, дрібнодисперговані нафтові забруднення, завислі частинки, комбінований метод, очистка, електроапарат, модульний пристрій, концентрація, технологічні випробування, швидкість біозростань, щільність струму, швидкість фільтрування.

Існує велика кількість стічних вод, які містять грубо-, дрібнодисперговані нафтові забруднення та завислі речовини. Розробка і впровадження ефективних компактних установок невеликої (1-25 м³/год) продуктивності є актуальною проблемою у зв'язку з великою кількістю джерел утворення подібних стічних вод.